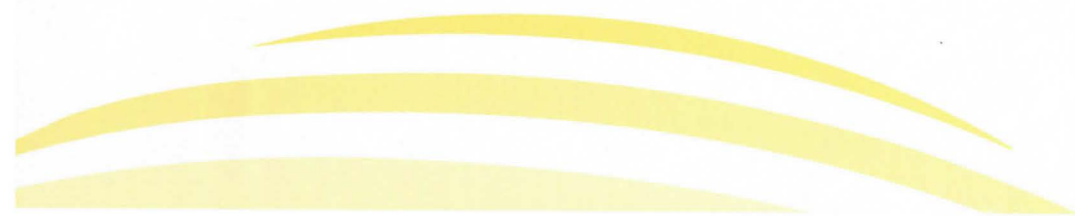




Actes des journées coton du Cirad-ca

Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998

**Programme Coton
Cirad-ca
Juillet 1998**



UTILISATION DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES POUR LA PRÉVISION DE L'ÉVOLUTION DU STATUT ORGANIQUE DES SOLS TROPICAUX SOUS CULTURE

GUIBERT Hervé,

Cirad-ca, Programme Coton, BP 5035, 34032 Montpellier CEDEX 1, France.

ROMERO José,

Cirad-amis, Programme Agronomie, BP 5035, 34032 Montpellier CEDEX 1, France

Introduction

De nombreuses études (Pieri, 1979 ; Richard et Djoulet, 1985 ; Pichot *et al.*, 1981 ; Chabaliér, 1986) montrent que la culture continue sous climat tropical après jachère provoque une minéralisation importante des matières organiques des sols (MOS). Cette évolution est susceptible d'entraîner une baisse de fertilité des sols compte-tenu de la faiblesse générale du stock de matière organique (MO) des sols ferrugineux et ferrallitiques tropicaux et de son rôle dans de nombreuses propriétés du sol. Ainsi, parallèlement à cette baisse, ont été constatées au Sénégal une chute de la porosité du sol, une augmentation de sa cohésion et une réduction de sa stabilité structurale (Charreau et Nicou, 1971). La sensibilité à l'érosion des sols est fonction, selon les équations de Wishmeier, de plusieurs paramètres dont l'un est la teneur en MO et cette relation a pu être vérifiée au Brésil (Leprun, 1988). L'évolution des sols mis en culture est également marquée par une baisse du pH et de la teneur en bases échangeables du sol (Kang, 1993 ; Singh et Goma, 1995). Les propriétés d'échange des sols tropicaux sont dues en grande partie à la MO (Fallavier, 1995). La capacité d'échange cationique des sols diminue en même temps que C du sol (Badiane, 1993).

La préoccupation de maintien du potentiel de production des sols nécessite de proposer des systèmes de culture évitant que certaines caractéristiques du sol ne descendent en dessous d'un seuil critique. C'est ainsi qu'il est proposé en ce qui concerne le taux de C du sol des valeurs critiques en fonction de la granulométrie en dessous desquelles des phénomènes de dégradation physique des sols vont se manifester (Pieri, 1989) ou en dessous desquelles la durabilité du système ne peut plus être assurée (Feller, 1995).

L'inquiétude provoquée par des observations identiques en Europe a généré très tôt la conception de modèle d'évolution de la MOS permettant de déterminer l'aptitude des systèmes de culture à préserver un niveau approprié de celle-ci. Dès 1945, Hénin et Dupuis proposent un modèle qui a pu être partiellement validé sous climat tempéré (Boiffin *et al.*, 1986). Ce modèle, dit monocompartimental, considère que l'ensemble de la MOS est soumis à une évolution identique. D'autres modèles à deux (Mary et Guérif, 1994 ; Plenet *et al.*, 1993), quatre (Van Der Linden *et al.*, 1987) et cinq compartiments (Pansu, 1991 ; Parton et Rasmussen, 1994 ; Jenkinson et Rayner, 1977) ont ensuite été proposés. Les compartiments de MOS se différencient par leur vitesse de minéralisation. Ces modèles prédisent mieux que le modèle de Hénin-Dupuis les

observations faites sur l'évolution du stock de MOS au sein d'essais à long terme. Cependant, excepté le compartiment biomasse microbienne pris en compte dans les différents modèles, les autres compartiments ne sont que conceptuels.

En milieu tropical, peu de confrontations de données à l'un ou l'autre des modèles présentés ci-dessus ont été réalisées. Des coefficients de pertes annuelles de C ont été calculés (Pieri, 1995 ; Badiane, 1993) ou des coefficients de minéralisation du modèle de Hénin ont été déterminés sur certains essais où les équilibres en C ou N ont été considérés comme atteints (Ballo, 1998 ; Ganry, 1990). Les coefficients obtenus font état d'une minéralisation plus rapide de la MOS qu'en milieu tempéré.

Face à la multiplicité des composants de la MOS, la préoccupation d'isoler des fractions homogènes au point de vue de leurs propriétés a donné naissance à de nombreux travaux. Les méthodes de fractionnement chimiques n'ont pas encore permis d'isoler des compartiments de MOS ayant une cinétique de minéralisation individualisée. La nature chimique des composants de la MOS et leur dynamique semblent ne pas être corrélés (Balesdent, 1996 et 1997). Cependant, la méthode de fractionnement granulométrique qui sépare les constituants de la MOS en fonction de leur taille permet d'obtenir des fractions ayant les propriétés suivantes (Feller, 1994) :

- fractions se différenciant par leur nature : débris végétaux et fongiques figurés pour les fractions grossières ; MO amorphes, parois végétales, mycéliennes ou bactériennes plus ou moins décomposées pour les fractions fines
- fractions se caractérisant par un rapport C/N décroissant avec leur taille
- rapport xylose/mannose décroissant avec la taille des fractions (le xylose est le sucre neutre dominant dans les feuilles et les racines, et la proportion de mannose est plus importante dans les exsudats racinaires).

Cette méthode de fractionnement serait à même d'isoler des fractions de MOS ayant une origine, donc éventuellement une dynamique, différente. L'étude propose de déterminer l'impact d'apports organiques (fumier ou compost) sur le contenu en MO des différentes fractions d'un sol, puis de déterminer leur vitesse de minéralisation. Cette estimation doit permettre d'approcher une modélisation de l'évolution de la MOS sous culture et de la comparer au modèle de Hénin-Dupuis.

Matériel et Méthodes

1°) Dispositifs servant de support aux fractionnements

Le choix des dispositifs sur lesquels des prélèvements de sols ont été fractionnés a été conditionné par la disposition :

- d'une gamme la plus large possible du nombre d'années d'applications des apports organiques pour l'étude des cinétiques d'évolution de MOS,
- de données fiables et permettant par ailleurs une analyse statistique des effets des apports organiques sur les rendements et les caractéristiques de sols,
- d'échantillons de sol à fractionner prélevés sur une même profondeur,

- d'échantillons de sol ayant reçu (M) et n'ayant pas reçu (T) d'apport organique.

Trois essais constituent le support de l'étude, deux implantés sur la station de Bébédjia au Tchad (LS1 et LS2) et un sur la station de Gagnoa en Côte d'Ivoire (RSMO). Les prélèvements de sol ont été réalisés sur l'essai LS2 après une année d'application des traitements, sur l'essai LS1 après quatre années d'application des traitements, et sur l'essai RSMO après 11 et 23 campagnes (voir tableau 1).

Tableau 1 : provenance des échantillons de sols fractionnés

sols fractionnés	essai	traitements	apport organique (quantités en matière sèche)	ancienneté des apports* (années)
Be1 - T Be1 - M	Bébédjia - LS2	sans apport MO	fumier - 8 t ha ⁻¹ an ⁻¹	1
		avec apport MO		
Be4 - T Be4 - M	Bébédjia - LS1	sans apport MO	fumier - 10 t ha ⁻¹ an ⁻¹	4
		avec apport MO		
Ga11 - T Ga11 - M	Gagnoa - RSMO	sans apport MO	compost - 10 t ha ⁻¹ an ⁻¹	11
		avec apport MO		
Ga23 - T Ga23 - M	Gagnoa - RSMO	sans apport MO	compost - 10 t ha ⁻¹ an ⁻¹	23
		avec apport MO		

*ancienneté des apports : nombre de campagnes entre le début de l'essai et le prélèvement de sol. Une campagne comprend les apports (minéraux et organiques) et la ou les cultures de premier et second cycle.

La station de Bébédjia est localisée dans le sud du Tchad dans le bassin cotonnier. Le climat est de type soudanien (alternance d'une saison sèche et d'une saison humide) avec une pluviosité moyenne annuelle de 1000 mm. Les sols des essais appartiennent à la classe des sols ferrugineux tropicaux qui se sont développés sur matériaux sédimentaires sablo-argileux du Continental Terminal.

Essai LS2 : implanté en 1993, l'essai compare sur une rotation cotonnier/maïs la fourniture d'éléments minéraux équilibrant les exportations par les cultures sous forme soit d'engrais minéral, soit de MO préhumifiée (fumier), soit de MO non humifiée (paille de jachère). Le dispositif est un split-plot (8 répétitions) avec 4 traitements principaux : fumier épandu à 8 t ha⁻¹ ; fumier épandu à 4 t ha⁻¹ ; paille de jachère enfouies à 10 t ha⁻¹ ; paille de jachère enfouies à 5 t ha⁻¹) et 3 traitements secondaires : témoin sans engrais ni MO ; apports d'engrais minéral et apports de MO. Les fortes doses de MO sont équivalentes à l'engrais minéral pour les apports de N, les faibles doses pour les apports de K. Le traitement apport minéral était en 1993 le suivant: 63 kg ha⁻¹ de N (28,5 kg à la levée et 34,5 kg 35 jours après la levée), 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ et 28,5 kg ha⁻¹ de K₂O à la levée).

Essai LS1 : implanté en 1991, l'essai compare sur une rotation cotonnier/maïs les effets de différents types de MO et modalités d'apport. Le dispositif est un split-plot à 3 facteurs (3 répétitions) avec en facteur principal la fréquence des apports (deux traitements : apports annuels

et apports un an sur deux), en facteur intermédiaire le type de MO apporté (8 traitements : 8 types de MO dont 4 préhumifiées et 4 grossières) et en dernier facteur le régime d'apports organo-minéral (trois traitements : témoin sans apport organique ; apport de MO à 10 tonnes ha⁻¹ seule et apport de MO à 10 tonnes/ha avec un supplément de 46 kg ha⁻¹ de N à la levée).

Ces deux dispositifs sont assez complexes mais leur intérêt réside dans le nombre important de parcelles témoins et dans le fait que les parcelles sans apports et avec apports organiques sont le plus souvent côte-à-côte et dans tous les cas très proches. Cette proximité renforce le caractère démonstratif des essais et rend les comparaisons plus précises.

La station de Gagnoa est située dans la région centre-sud de la Côte d'Ivoire en zone forestière. Le climat est de type tropical humide (une saison sèche de quatre mois suivie par une période humide à répartition bimodale des précipitations permettant la réalisation de deux cycles de culture par an) avec une pluviosité annuelle moyenne de 1500 mm. Le sol de l'essai appartient à la classe des sols ferrallitiques faiblement désaturés développés sur altérite de roche granitoïde. Essai RSMO : le dispositif a été décrit par ailleurs (Pichot *et al.*, 1977 ; Gigou et Kouassi-Bredoumy, à paraître). Il s'agit d'un factoriel en blocs (8 répétitions) le facteur apport organique (2 traitements : 0 et 10 tonnes de matière sèche ha⁻¹ an⁻¹ de compost) étant croisé avec le facteur doses N-urée (6 traitements : de 0 à 200 kg ha⁻¹ avec un pas de 40 kg ha⁻¹). La culture de premier cycle est systématiquement un maïs, celle du second cycle un second maïs remplacé par la suite par un soja et un niébé.

2°) Echantillons de sols fractionnés

Deux répétitions indépendantes de chaque sol sont constituées à partir de mélanges de répétitions de l'essai. Chaque fractionnement est réalisé deux fois sur chaque répétition en vue d'estimer la variabilité des résultats de la méthode, les moyennes des résultats des deux fractionnements servant ensuite à l'interprétation. Les prélèvements de sols sont effectués sur une profondeur de 0 à 20 cm, correspondant à l'horizon de sol travaillé, en fin de saison sèche au Tchad (avril/mai) et pendant la seconde saison sèche en Côte d'Ivoire (décembre/février).

3°) Fractionnements granulométriques du sol et déterminations des teneurs en C et N

L'analyse de granulométrie classique du sol en cinq fractions a été réalisée sur granulomètre automatique "Granulostat" après destruction de la matière organique par attaque à l'eau oxygénée et mise en suspension des argiles avec un mélange hexamétaphosphate et carbonate de sodium. Les cinq fractions granulométriques obtenues sont :

- les argiles (A) : < 2 µm
- les limons fins (Lf) : 2-20 µm
- les limons grossiers (Lg) : 20-50 µm
- les sables fins (Sf) : 50-200 µm
- les sables grossiers (Sg) : 200-2000 µm

Les mêmes fractions avec leur matière organique ont été isolées en procédant à un fractionnement granulométrique du sol selon la méthode décrite par Gavinelli *et al* (1995).

Les dosages du C et N des sols totaux et des cinq fractions sont réalisés sur analyseur élémentaire Fisons EA 1108 W après broyage à 2 microns. Le dosage du C soluble est effectué sur appareil

Shimadzu Toc 5000, N minéral est dosé par colorimétrie à flux continu et N organique soluble déterminé après une minéralisation Kjeldhal.

Résultats

1°) Effet des fumiers sur le stock organique des sols

Des prélèvements et analyses de sol parcellaires ont été réalisés sur les essais LS2, LS1 et RSMO après onze campagnes permettant une analyse statistique des résultats. Dans le tableau 2 sont indiqués les résultats de l'analyse de la variance de la teneur des sols en C et N pour les traitements ayant constitué la base des échantillonnages de sols à fractionner.

Les trois essais font apparaître une augmentation significative de la teneur en C et N des parcelles ayant reçu des apports organiques préhumifiés sur une profondeur de 0 à 20 cm. Une telle augmentation n'est pas mise en évidence pour la profondeur 20-40 cm sur l'essai LS2.

Tableau 2 : effet des apports organiques sur le statut organique du sol sur les essais LS1, LS2 et RSMO

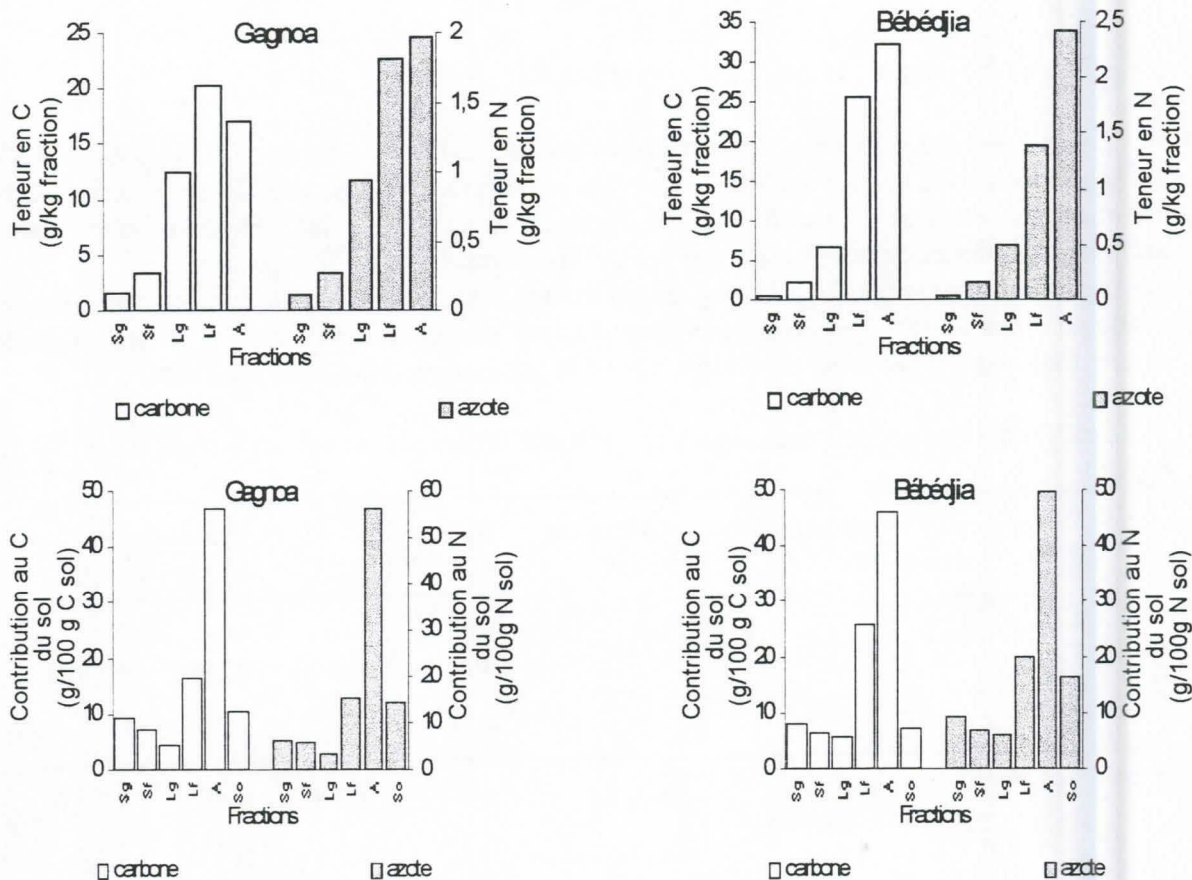
Essai	ancien- neté des apports (années) (*)	type et dose m.o.	profondeur de sol prélevé	teneur en C (g kg ⁻¹ de sol)		teneur en N (g kg ⁻¹ de sol)	
				sans apport (**)	avec apport (**)	sans apport (**)	avec apport (**)
LS2	1	fumier 8 t ha ⁻¹ an ⁻¹	0-20 cm	5.5 b	6.6 a	0.48 b	0.57 a
			20-40 cm	3.1	3.2	0.34	0.37
LS1	4	fumier 10 t ha ⁻¹ an ⁻¹	0-20 cm	2.3 b	2.8 a	0.24 b	0.31 a
RSMO	11	compost 10 t ha ⁻¹ an ⁻¹	0-20 cm	9.2 b	11.4 a	0.82 b	1.01 a

* ancienneté des apports : voir tableau 1 ** les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0.05.

2°) Caractéristiques des fractions

Les caractéristiques des fractions (figures 1) sont étudiées séparément pour les sols du Tchad (essais LS1 et LS2) et de Côte d'Ivoire (essai RSMO de Gagnoa). La fraction sable grossier est dans les deux cas prépondérante mais plus importante au Tchad (80 % du sol) qu'en Côte d'Ivoire (près de 50 % du sol). A l'opposé, la fraction argile est faible au Tchad (5 % du sol), mais plus importante sur l'essai de Gagnoa (20 % du sol). Les teneurs en C et N des fractions se caractérisent par des valeurs croissantes des fractions grossières aux fractions fines avec des

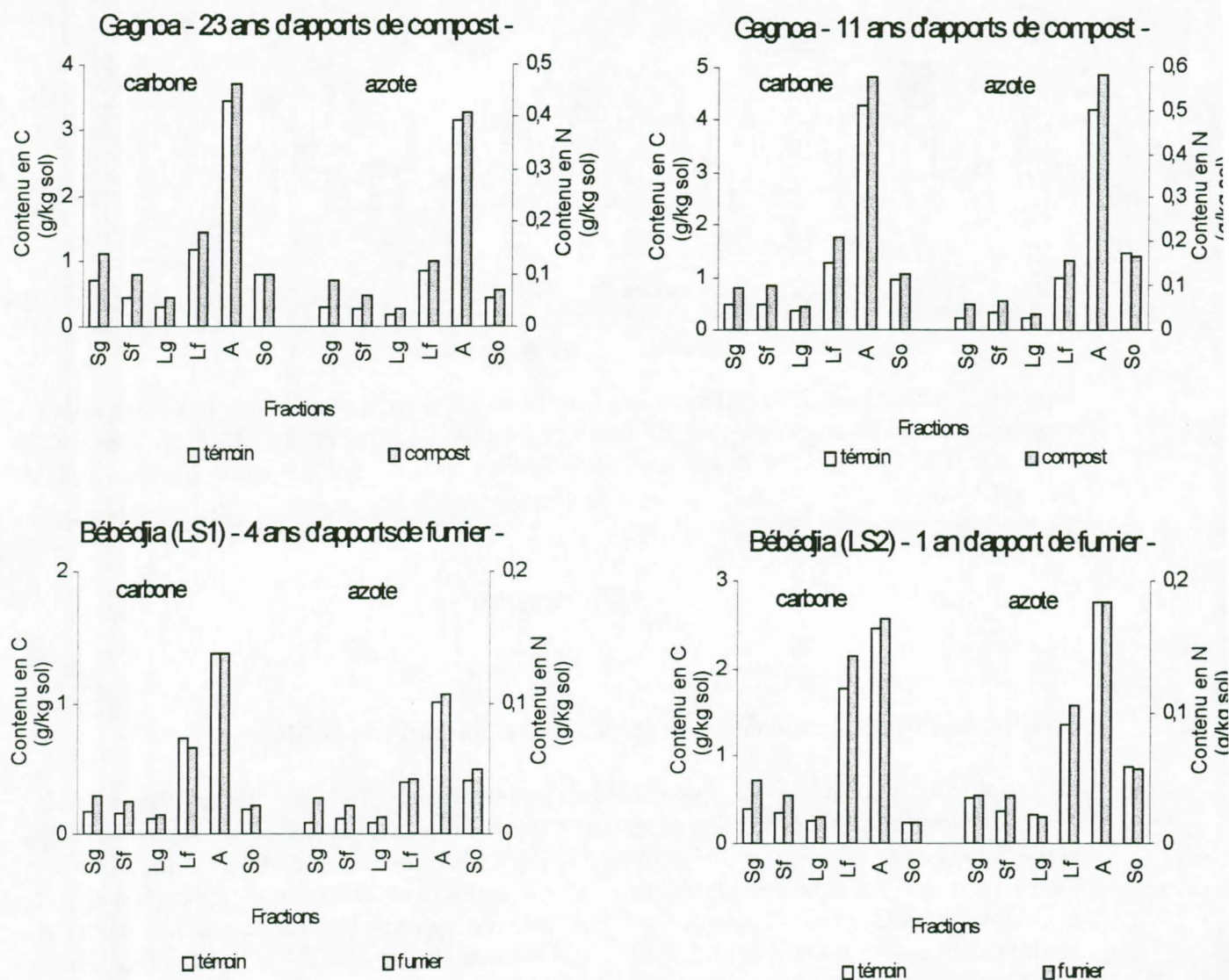
teneurs en C et N des sables grossiers pouvant être extrêmement faibles. La répartition du C et N du sol entre les différentes fractions est semblable sur les deux sites : plus de la moitié du C et N du sol sont localisés dans la fraction argileuse pourtant d'importance pondérale faible.



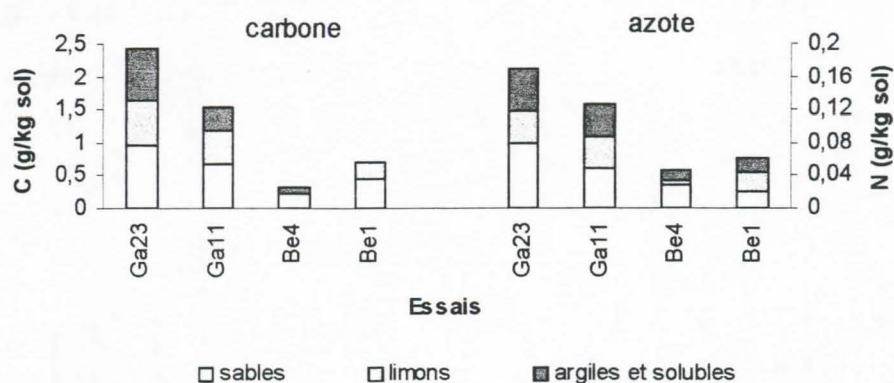
Figures 1 : contributions pondérales au sol, teneurs en C et N et contributions au C et N du sol des fractions. Moyennes des fractionnement réalisés sur l'essai de Gagnoa -Côte d'Ivoire- (8 sols) et les essais LS1 et LS2 de Bébédjia -Tchad- (8 sols).

3°) Impacts des apports organiques sur les fractions de MOS

Sur tous les essais, les apports d'amendements organiques ont provoqué une augmentation du C et N du sol pour l'horizon travaillé. De façon générale, comme l'indiquent les figures 2, c'est l'ensemble des fractions qui est touché par cette augmentation. Les quelques exceptions concernent surtout la fraction soluble. La répartition de l'augmentation du C et N du sol entre fractions est caractérisée par une contribution de la fraction sableuse qui se manifeste sur tous les essais (figure 3). Les fractions limons et argiles + solubles participent de façon importante à l'augmentation du C et N du sol dans l'essai de Gagnoa, mais dans une moindre mesure pour N et de façon non systématique pour C dans les essais de Bébédjia.



Figures 2 : impacts des apports organiques sur les contenus en C et N des différentes fractions sur l'essai de Gagnoa - Côte d'Ivoire - (23 et 11 ans d'apports de compost), sur l'essai LS1 de Bébédjia - Tchad - (4 ans d'apports de fumier) et sur l'essai LS2 de Bébédjia (1 an d'apport de fumier).



Figures 3 : répartition de la différence de C et N du sol entre traitements avec et sans apports organiques selon les fractions pour les essais de Gagnoa - Côte d'Ivoire - après 23 ans (Ga23) et 11 ans (Ga11) d'apports, l'essai LS1 de Bébédjia - Tchad - après 4 ans d'apports (Be4) et l'essai LS2 de Bébédjia - Tchad - après 1 an d'apports (Be1).

Discussion

1°) Effet du mode de gestion des sols sur les différentes fractions de MOS

La principale conclusion de cette étude réside dans le fait que toutes les fractions granulométriques participent à l'augmentation du stock organique des sols consécutive à des apports de fumier ou compost. L'augmentation des fractions fines de MOS est toutefois plus nette à Gagnoa (Côte d'Ivoire) sur sol plus argileux après 11 et 23 ans de répétition des apports organiques qu'à Bébédjia (Tchad) avec 1 et 4 années d'apports. Des résultats différents ont été reportés d'un essai à Bambey au Sénégal sur sol sableux (Feller *et al.* 1983) où l'enfouissement de compost ne permettait l'augmentation que des seules fractions sableuses. A N'Tarla (Mali), sur sol également sableux, les fractions grossières comme les fractions fines de MOS sont augmentées par l'apport de fumier (Ballo, 1997). Kouakoua, 1998 et Bacye, 1993 indiquent que des gestions de sols différentes ont des répercussions sur toutes les fractions granulométriques, même si les fractions sableuses sont les plus touchées. L'augmentation des fractions fines de MOS par des techniques culturales appropriées (apports organiques, mises en jachère ou prairie) est donc observée de façon évidente quand la proportion d'argile dans le sol est importante (Feller 1998). Ce résultat est moins constant et moins perceptible en sol sableux. Une hypothèse permettant d'expliquer ces différences serait le rôle protecteur des argiles vis à vis de la MOS (Hassink, 1987) qui s'appliquerait davantage aux fractions fines de la MOS permettant aux sols argileux de mieux préserver les augmentations de MO fines occasionnées par ces techniques culturales.

2°) Application du modèle de Hénin-Dupuis aux fractions de MOS

L'essai de Gagnoa, sur lequel les teneurs en C et N du sol total et des différentes fractions sur des parcelles témoin et avec apports organiques ont été mesurées à deux années différentes (11 et 23 ans après le début de l'essai) permet la détermination des paramètres du modèle de Hénin-Dupuis. Selon ce modèle (Hénin et Dupuis, 1945), la MOS forme un compartiment soumis à des entrées annuelles constantes et des sorties (minéralisation) proportionnelles à son importance :

pendant dt (une année) :

entrées = $k_1 M$

sorties = $k_2 Y$

(si les entrées sont constituées de plusieurs types de MO, ce qui est généralement le cas, les entrées sont égales à : $\sum_i k_{1i} A_i$)

en intégrant :

$$Y(t) = \frac{k_1 M}{k_2} - \left(\frac{k_1 M}{k_2} - A_0 \right) e^{-k_2 t} \quad (1)$$

avec $A_0 = Y$ à $t = 0$; M la quantité de MO entrant sur la parcelle et k_1 le coefficient isohumique propre à cette MO ; k_2 le coefficient de minéralisation de la MOS et Y la quantité de MOS (C ou N contenu dans les 20 premiers cm de sol). Le passage de teneurs en C et N en quantité de C et N s'effectue en considérant une densité apparente du sol constante de 1.5).

le niveau de la MOS sera alors à l'équilibre donné par la formule (2) :

$$Y_{\text{équilibre}} = \frac{k_1 M}{k_2}$$

Si $M = 0$ alors $Y_{\text{équilibre}} = 0$

La demi-vie de la MO, c'est à dire le temps nécessaire pour que la moitié de la MO devant se minéraliser le fasse effectivement, exprimé en années, est donné par

la formule (3) : $T_{\text{demi-vie}} = \frac{\ln 2}{k_2}$

Si on fait l'hypothèse que les parcelles ont la même valeur initiale de Y à $t = 0$ et que la différence d'entrées entre les deux parcelles témoin et avec apport organique est constituée du seul compost, on obtient à partir de (1) la possibilité de déterminer $k_1 M$ (et k_1 connaissant M , la quantité annuelle de C ou N apportée par le compost), k_2 et A_0 connaissant la différence $Y_{\text{mo}} - Y_{\text{témoin}}$ à $t_1 = 11$ et $t_2 = 23$.

Ce modèle peut être appliqué à la MOS du sol total et aux différentes fractions. On obtient alors les coefficients figurant au tableau 3. Le fait de pouvoir déterminer des valeurs cohérentes de ces coefficients (comprises entre 0 et 1) est un test positif pour la validation du modèle. Ce n'est cependant une condition ni nécessaire ni suffisante :

- il est possible de ne pas obtenir de telles valeurs parce qu'une des hypothèses de départ n'est pas remplie : situation initiale non homogène ou entrées de biomasse non constante d'une année sur l'autre en raison de rendements fluctuants par exemple,
- l'imprécision dans les dosages de C et N peut aboutir également à l'impossibilité de

Tableau 3 : détermination des paramètres du modèle de Hénin-Dupuis appliqué au sol total et aux

fractions granulométriques pour le carbone et l'azote (essai RSMO de Gagnoa - Côte d'Ivoire)

1° sol total			
$k_1 = 0.18$			
$k_2 = 0.09$			
2°) deux compartiments : fractions supérieures et inférieures à 20 microns			
carbone	>20 μ		< 20 μ
	$k_1 = 0.11$		$k_1 = 0.09$
	$k_2 = 0.19$		$k_2 = 0.06$
3°) trois compartiments : fractions sables, limons et argiles			
	Sables	Limons	Argiles
	$k_1 = 0.19$	$k_1 = 0.05$	$k_1 = 0.04$
	$k_2 = 0.35$	$k_2 = 0.07$	$k_2 = 0.03$
1° sol total			
$k_1 = 0.20$			
$k_2 = 0.09$			
2°) deux compartiments : fractions supérieures et inférieures à 20 microns			
azote	>20 μ		< 20 μ
	$k_1 = 0.10$		$k_1 = 0.11$
	$k_2 = 0.12$		$k_2 = 0.07$
3°) trois compartiments : fractions sables, limons et argiles			
	Sables	Limons	Argiles
	$k_1 = 0.10$	$k_1 = 0.11$	$k_1 = 0.04$
	$k_2 = 0.13$	$k_2 = 0.22$	$k_2 = 0.02$

déterminer les paramètres,

- mais il est possible également de faire passer par deux points plusieurs modèles : c'est le cas ici puisque les différentes hypothèses (sol total, deux et trois compartiments de sol liés aux fractions granulométriques) correspondent à différents modèles mathématiquement incompatibles¹.

Une indication de la validité de ces modèles peut être fournie par l'adéquation entre les valeurs

¹ Pour que la somme de deux modèles de Hénin-Dupuis appliqués à deux compartiments soit également un modèle de Hénin-Dupuis appliqué à la somme des deux compartiments, il faut vérifier les relations suivantes entre les différents coefficients (k_1 et k_2 étant les coefficients correspondant au modèle à un compartiment et k'_1 , k''_1 et k'_2 , k''_2 étant les coefficients correspondant au modèle à deux compartiments) : $k_1 = k'_1 + k''_1$ et $k_2 = k'_2 + k''_2$. Si ces égalités ne sont pas respectées, les deux modèles ne peuvent passer que par deux points communs.

initiales de C calculées et les mesures réalisées sur l'essai de Gagnoa (voir figure 4). Le modèle faisant fonctionner 3 compartiments s'avère plus proche de la réalité que le modèle à deux compartiments, lui-même plus proche que le modèle de Hénin appliqué au sol total.

3°) Conséquences sur la cinétique des différentes fractions

Le modèle à trois compartiments fait apparaître des cinétiques contrastées selon les fractions granulométriques : les fractions grossières ont un turn-over très rapide, mais bénéficient de la plus grande partie des entrées. Les fractions fines se minéralisent par contre plus lentement, mais les entrées dans ce compartiment sont plus faibles. Ces résultats confirment ceux issus d'études des variations des isotopes naturels de C (Cerri *et al.* 1985 ; Martin *et al.* 1990).

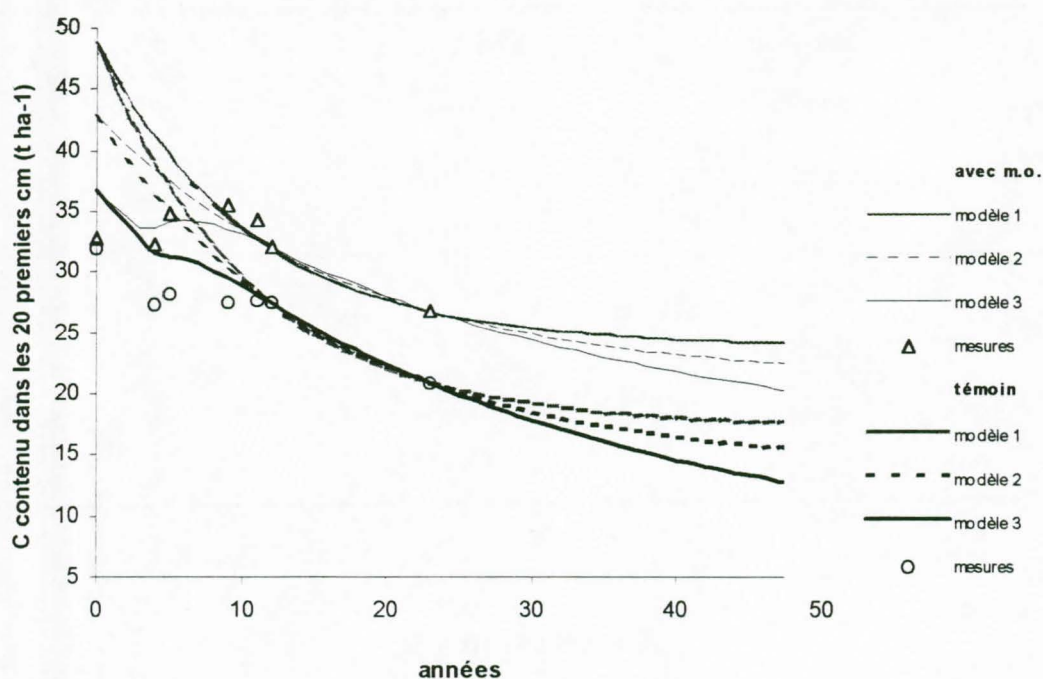


Figure 4 : mesures et prévisions de valeurs par 3 modèles du contenu en carbone dans les 20 premiers centimètres de sol de l'essai de Gagnoa (Côte d'Ivoire). Modèle 1 : modèle de Hénin appliqué au sol total ; modèle 2 : somme de deux modèles de Hénin appliqués aux fractions supérieures et inférieures à 20 microns ; modèle 3 : somme de trois modèles de Hénin appliqués aux fractions sables, limons et argiles.

Le modèle à trois compartiments aboutit à l'équilibre à des prévisions nettement différentes du modèle de Hénin-Dupuis (voir tableau 4) : le C du sol total à l'équilibre est plus faible et la différence de C du sol résultant des apports organiques plus élevée. Les prévisions par le modèle à 3 compartiments fait état d'importantes différences à l'équilibre entre parcelles ayant ou n'ayant pas reçu d'apports organiques pour la répartition du C des fractions. Les fractions fines de la MOS tendent à disparaître sur le témoin alors qu'elles s'équilibrent avec les fractions grossières pour les parcelles amendées. Malgré une minéralisation moins rapide, la fraction fine de la MOS peut subir des modifications importantes sur le long terme. D'importantes baisses de cette fraction ont été observées sur l'essai de N'Tarla au Mali (Ballo, 1997). Si les états d'équilibre sont forts

contrastés, les différences jusqu'à 30, voire 40 ans sont beaucoup plus faibles. Une meilleure précision dans la détermination des paramètres des modèles nécessite des observations réalisées sur des pas de temps plus importants que ceux de cette étude.

Tableau 4 : prévisions des contenus en carbone ($t\ ha^{-1}$) des 20 premiers cm de sol à l'équilibre pour l'essai RSMO de Gagnoa (Côte d'Ivoire) par le modèle de Hénin-Dupuis appliqué au sol total et à trois fractions granulométriques

		modèle de Hénin appliqué au sol total	modèle de Hénin appliqué à trois fractions granulométriques de la mos
parcelles témoins	sol total	17.2	5.8
	sables		3.7
	limons		2.1
	argiles		0
parcelles avec apports organiques	sol total	23.9	14.3
	sables		5.6
	limons		4.3
	argiles		4.3

Conclusion

Les résultats obtenus confirment que le fractionnement granulométrique de la MOS permet d'obtenir des fractions caractérisées par une cinétique de minéralisation différente. Les fractions fines se minéralisent plus lentement que les fractions grossières, très labiles sous climat tropical. Cependant les fractions fines de la MOS ne sont pas absolument stables et leur évolution peut s'avérer importante sur le long terme. Des apports de fumier ou compost sont à même de maintenir la présence de telles fractions de la MOS ce qui est essentiel compte tenu de leur contribution importante aux propriétés du sol dépendant de la MOS. Des observations sur le long terme des évolutions de fractions granulométriques de MOS permettraient de valider et préciser des modèles susceptibles d'établir des prévisions des propriétés de sols soumis à différentes gestions.

Bibliographie

- BACYE B., 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (province du Yatenga, Burkina-Faso). Thèse de Doctorat. Université de Droit, d'Economie et des Sciences, Aix-Marseille (France), 243 pp.
- BADIANE A. N., 1993. Le statut organique d'un sol sableux de la zone Centre-Nord du Sénégal. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy (France), 200 pp.
- BALESDENT J., 1996. Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. *Etude et Gestion des sols, Numéro spécial*, 3, 4, 245-260.
- BALESDENT J., 1997. La matière organique des sols : dynamique du carbone. *Comptes Rendus - Académie d'Agriculture de France*, 83, 6, 99-110.
- BALLO D. B., 1997. Effet des systèmes culturaux sur le statut organique de sols ferrugineux tropicaux du Mali. DEA Science du sol. ENSAM, Montpellier (France), 62 pp.
- BOIFFIN J., KÉLI ZAGBAHI J., SEBILLOTTE M., 1986. Systèmes de culture et statut organique des sols dans le Noyonnais : application du modèle de Hénin-Dupuis. *Agronomie*, 6, 5, 437-446.
- CERRI C., FELLER C., BALESDENT J., VICTORIA R., PLENECASSAGNE A., 1985. Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 300, 2, 423-428.
- CHABALIER P. F., 1986. Evolution de la fertilité d'un sol ferrallitique sous culture continue de maïs en zone forestière tropicale. *Agronomie Tropicale*, 41, 3-4, 179-191.
- CHARREAU C., NICOU R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences économiques. *Agronomie Tropicale*, 26, 2, 209-255.
- DJEGUI N., 1992. Influence des systèmes de cultures sur le statut organique (particulièrement sur la dynamique de l'azote) des sols sur terres de barre du Sud-Bénin. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse (France), 191 pp.
- FALLAVIER P., 1995. Physico-chimie des sols tropicaux. In "Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides", Montpellier (France), 13-17 novembre 1995, J.-P. Pichot et J.-J. Lacoëuilhe eds, CIRAD, p. 23-39.

FELLER C., BURTIN G., GERARD B., BALESDENT J., 1991. Utilisation des résines sodiques et des ultrasons dans le fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Intérêt et limites. *Science du Sol*, 29, 2, 77-93.

FELLER C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1 : recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg (France), 247 pp.

FELLER C., 1995. La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité. Application aux zones sahélienne et soudanienne. *Agriculture et développement*, 8, 35-41.

GANRY F., 1990. Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Nancy (France). 335 pp.

GAVINELLI E., FELLER C., LARRE-LARROUY M. C., BACYE B., DJEGUI N., NZILLA J. de D., 1995. A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation : examples for tropical soils. *Communications in Soil Sciences and Plant analysis*, 26, 11 & 12, 1749-1760.

GIGOU J., KOUASSI-BREDOUMY S. T., à paraître. Twenty years of continuous maize cultivation in the forest zone of Cote D'Ivoire. *Nutrient cycling in Agroecosystems*.

HENIN S., DUPUIS M., 1945. Essai de bilan de la matière organique des sols. *Annales Agronomiques*, 1, 17-29.

HASSINK J., 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and soil*, 191, 77-87.

JENKINSON D. S., RAYNER J. H., 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted Classical Experiments. *Soil Science*, 123, 5, 298-305.

KANG B. T., 1993. Changes in soil properties and crop performance with continuous cropping on an Entisol in the humid tropics. In "Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture", Leuven (Belgium), 4-6 november 1991. K. M. et R. Merckx Eds, Wiley -Sayce, p. 297-305.

KOUAKOUA E., 1998. La matière organique et la stabilité structurale d'horizons de surface de sols ferrallitiques argileux. Effet du mode de gestion des terres. Thèse de Doctorat. Université Nancy I, Nancy (France), 221 pp.

LEPRUN J. C., 1988. Matière organique et conservation des sols. Exemples brésiliens. *Cahier ORSTOM, série Pédologie*, 24, 4, 333-334.

- MARTIN A., MARIOTTI A., BALESSENT J., LAVELLE P., VUATTOUX R., 1990. Estimate of organic matter turnover rate in a fractions of microbial origin. *Soil Biol. and biochem.*, 22, 517-523.
- MARY B., GUÉRIF M., 1994. Intérêts et limites des modèles de prévision de l'évolution des matières organiques et de l'azote dans le sol. *Cahiers Agricultures*, 3, 247-257.
- PARTON W. J., RASMUSSEN P. E., 1994. Long-Term Effects of Residue Management in Wheat-Fallow: II. CENTURY Model Simulations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 2, 530-536.
- PICHOT J., AL ZAHAWI F., CHABALIER P. F., 1977. Evolution d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire après la mise en culture. Effet des apports d'engrais azoté et de compost. in "Soil organic matter", IAEA, Vienne - Autriche, 1, 83-96.
- PICHOT J., SEDOGO M. P., POULAIN J. F., ARRIVETS J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *L'Agronomie Tropicale*, 36, 2, 122-133.
- PIERI C., 1979. Etude de la composition de la solution d'un sol sableux cultivé du Sénégal. *L'Agronomie Tropicale*, 32, 1, 9-22.
- PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération, Paris (France). Cirad, Montpellier (France). 444 pp.
- PIERI C., 1995. Long-Term Soil Management Experiments in Semiarid Francophone Africa. in "Soil Management Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality" (R. Lal and B.A. Stewart eds), CRC Press, Boca Raton (USA), 225-264.
- PLENET D., LUBET E., JUSTE C., 1993. Evolution à long terme du statut carboné du sol en monoculture non irriguée du maïs (*Zea mays* L). *Agronomie*, 13, 685-698.
- RASMUSSEN P. E., PARTON W. J., 1994. Long-Term Effects of Residue Management in Wheat-Fallow: I. Inputs, Yield, and Soil Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 2, 523-530.
- RICHARD L., DJOULET D., 1985. La fertilité des sols et son évolution. Zone cotonnière du Tchad. Coton et fibres tropicales, Série Documents, Etudes et Synthèse, Supplément n° 6, 21 pp.
- SINGH B. R., GOMA H. C., 1995. Long-Term Soil Fertility Management Experiments in Eastern Africa. in "Soil Management Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality", CRC Press, Boca Raton (USA), 347-382.
- VAN DER LINDEN A. M. A., VAN VEEN J. A., FRISSEL M. J., 1987. Modelling soil organic matter levels after long-term applications of crop residues, and farmyard and green manures. *Plant and soil*, 101, 21-28.